

Características físico-químicas e compostos bioativos de kombuchas produzidas com erva-mate (*Ilex paraguariensis*) e saborizadas com polpa de maracujá do mato (*Passiflora caerulea* L.)

Bruna Rafaela da Silva Monteiro Wanderley | <https://orcid.org/0000-0001-7075-1086> - Maria Eduarda Costa de Lima | <https://orcid.org/0009-0007-1711-4521> - Amanda Kaiane da Silva Oliveira | <https://orcid.org/0009-0002-1063-4528> - Giliani Veloso Sartori | <https://orcid.org/0000-0003-1686-4076> - Marcos Roberto Dobler Stroschein | <https://orcid.org/0000-0002-7942-1355> - Renata Dias de Mello Castanho Amboni | <https://orcid.org/0000-0002-6467-3760> - Carlise Beddin Fritzen-Freire | <https://orcid.org/0000-0002-6248-0914> - Ana Carolina Moura de Sena Aquino | <https://orcid.org/0000-0002-0832-5198>

RESUMO

A kombucha é uma bebida resultante da fermentação do chá por meio de uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY). Atualmente, outras matérias-primas pouco exploradas estão sendo adicionadas, visando substituir parcialmente o chá, além de saborizar a bebida. Essas adições podem influenciar nas características sensoriais da kombucha, bem como na concentração de compostos bioativos. Este estudo objetivou avaliar o efeito da adição de polpa de maracujá do mato no teor de compostos fenólicos totais (CFT) e na capacidade antioxidante *in vitro* de kombuchas produzidas a partir de chá-verde e erva-mate. Os resultados demonstraram que tanto o processo fermentativo quanto a adição da polpa de maracujá do mato influenciaram as características das bebidas. Em relação ao teor de compostos fenólicos totais, observou-se um aumento nas formulações elaboradas com chá-verde (T1) e com chá-verde e erva-mate (T3) após a fermentação, e quando saborizadas com a polpa de maracujá do mato. Além disso, foi observado uma alta atividade antioxidante nas amostras pelo método ABTS⁺. Desta forma, a substituição parcial do chá-verde pela erva-mate, e a adição da polpa de maracujá do mato se mostrou uma alternativa promissora para a saborização e diversificação de kombuchas.

Palavras-chave: caracterização; fermentação de chá; frutas nativas.

Physical-chemical characteristics and bioactive compounds of kombuchas produced with *Ilex paraguariensis* and flavored with *Passiflora caerulea* L. pulp

ABSTRACT

Kombucha is a beverage that results from the fermentation of tea through a symbiotic culture of bacteria and yeast (SCOBY). Currently, others unexplored raw materials are being added in order to partially replace tea and to flavor this drink. This study aimed to evaluate the effect of the addition of *Passiflora caerulea* L. pulp on the content of total phenolic compounds and on the *in vitro* antioxidant capacity of kombuchas produced from green tea and yerba mate. The results showed that both the fermentation process and the addition of fruit pulp influenced the characteristics of the beverages. Regarding the content of total phenolic compounds, an increase was observed in the formulations made with green tea (T1) and with green tea and yerba mate (T3) after fermentation, and when flavored with *Passiflora caerulea* L. pulp. In addition, a high antioxidant activity was observed in the samples by the ABTS⁺ method. In this way, the partial replacement of green tea by yerba mate, and the addition of *Passiflora caerulea* L. pulp, proved to be a promising alternative for flavoring and diversifying kombuchas.

Keywords: characterization; tea fermentation; native fruits.

Recebido em: 31/3/2023. Aprovado em: 13/9/2023.

Avaliado pelo sistema duplo-anônimo. Publicado conforme as normas da ABNT.

<https://doi.org/10.35700/2316-8382.2025.v15Nesp.3554>

INTRODUÇÃO

A kombucha é uma bebida fermentada originária da Ásia, preparada por meio da infusão de chá (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze), açúcar e uma cultura simbiótica de bactérias acéticas (*Acetobacter* e/ou *Gluconobacter*) e leveduras, conhecida como SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast) (Shahbazi *et al.*, 2018). Devido aos seus diversos benefícios profiláticos e terapêuticos, a popularidade da kombucha se expandiu pelo mundo, sendo amplamente consumida (Amarasinghe; Weerakkody; Waisundara, 2018).

Os benefícios à saúde associados ao consumo de kombucha estão ligados à presença de antioxidantes, tais como os polifenóis. Embora o chá seja a principal fonte de compostos bioativos nesta bebida, o conteúdo de polifenóis e flavonoides na kombucha é potencializado durante o processo de fermentação (Wang *et al.*, 2020). A composição bioativa e a atividade antioxidante da kombucha são influenciadas pelo tempo de fermentação, as matérias-primas utilizadas e a composição microbiológica do SCOBY (Amarasinghe; Weerakkody; Waisundara, 2018).

Atualmente, com a expansão do mercado de bebidas funcionais, estudos vêm investigando o potencial de diferentes matérias-primas para produção de kombucha, com o objetivo de desenvolver novos sabores e experiências para o consumidor (Dartora *et al.*, 2023; Sanwal *et al.*, 2023). Neste contexto, é notório o aumento na produção de kombucha com adição de matérias-primas alternativas, incluindo frutas, vegetais e infusões de ervas (Liu *et al.*, 2022).

Em decorrência do aumento das substituições parciais de chá-verde ou preto na produção de kombucha (Freitas; Sousa; Wurlitzer, 2022), a erva-mate (*Ilex paraguariensis*) surge como uma alternativa promissora para a fabricação desta bebida. Além de ser uma fonte natural de antioxidantes, a erva-mate também tem potencial de aplicação em vários produtos alimentícios (Santetti *et al.*, 2021). Embora a infusão de erva-mate seja altamente valorizada na cultura do Sul do Brasil (Tapias *et al.*, 2023), a erva-mate é pouco explorada em outros setores, sugerindo possíveis aplicações que poderiam ampliar seu consumo e, conseqüentemente, o mercado relacionado a ela.

Além da utilização da erva-mate, a inclusão de frutas na kombucha tem se mostrado uma estratégia promissora para diversificar essa bebida, além da possibilidade de substituir parcialmente o chá-verde (Freitas; Sousa; Wurlitzer, 2022). É notório o recente aumento de estudos que investigam matérias-primas pouco exploradas, como frutas nativas brasileiras, para o desenvolvimento de produtos fermentados (Bianchini *et al.*, 2020; Prestes *et al.*, 2021; Wanderley *et al.*, 2022a). De acordo com Wanderley *et al.* (2022b), a utilização de frutas nativas na produção de alimentos ajuda a promover o desenvolvimento econômico das regiões produtoras, além de contribuir para a preservação dessas espécies. O maracujá do mato (*Passiflora caerulea* L.), fruta nativa encontrada na região Sul do Brasil, é uma excelente opção para diversificar a kombucha, uma vez que apresenta características químicas e sensoriais atrativas, além de apresentar teores consideráveis de compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante (Reis *et al.*, 2018).

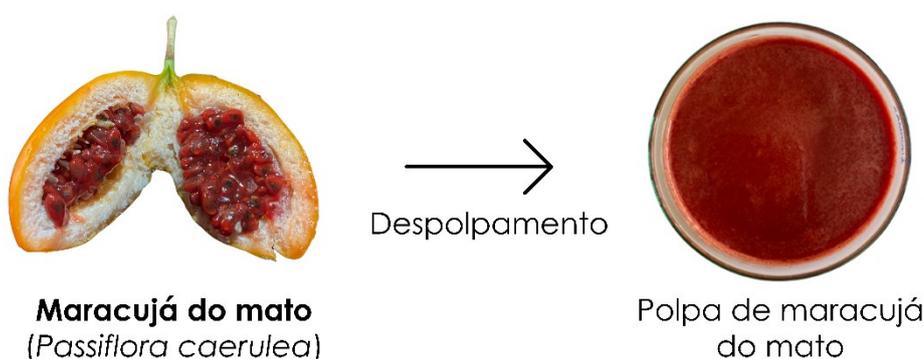
Neste contexto, o objetivo deste estudo consistiu em avaliar o efeito da adição de polpa de maracujá do mato no teor de compostos fenólicos totais (CFT) e na capacidade antioxidante *in vitro* de kombuchas produzidas a partir de chá-verde e erva-mate, nas fases de pré-fermentação, pós-fermentação e pós-saborização.

METODOLOGIA

OBTENÇÃO DA POLPA DE MARACUJÁ DO MATO

Os frutos do maracujá do mato (Figura 1) foram coletados na safra de 2021 no município de Urupema (Santa Catarina, Brasil) (28°05'31.0"S 49°56'12.3"W). Inicialmente, os frutos foram higienizados com uma solução de hipoclorito de sódio (100 mg/L). O despulpamento foi realizado manualmente por meio da abertura dos frutos e da separação da polpa e das sementes com o auxílio de uma peneira.

Figura 1 – Polpa de maracujá do mato (*Passiflora caerulea* L.)



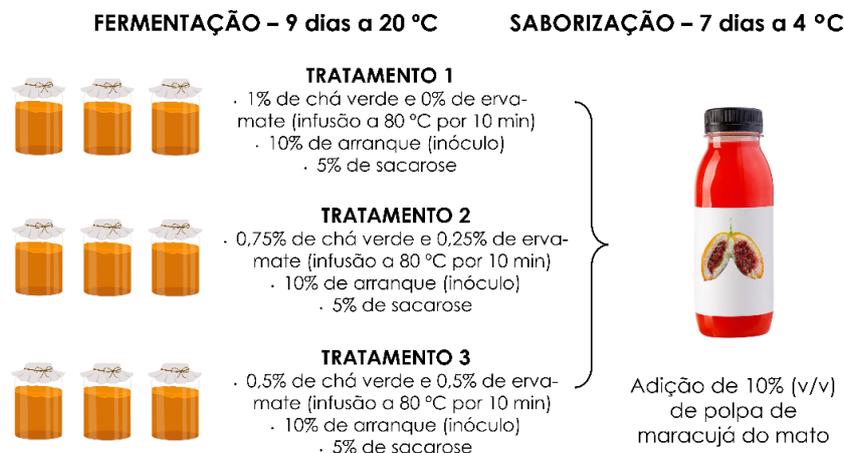
Fonte: Autores (2023).

PROCESSO DE ELABORAÇÃO DAS KOMBUCHAS

A preparação das kombuchas foi baseada no método tradicional de produção desta bebida (Leonarski *et al.*, 2022). O inóculo foi preparado por meio da infusão de 0,05% de chá-verde a 80 °C por 10 minutos. Em seguida, adicionou-se sacarose (5% p/v) e um SCOBY com diâmetro de 14 cm, seguido de fermentação de 14 dias até pH 3,5. Três formulações de kombuchas foram elaboradas: T1 com 1% de chá-verde, T2 com 0,75% de chá-verde e 0,25% de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) e T3 com 0,5% de chá-verde e 0,5% de erva-mate. Todas as formulações foram realizadas por meio de infusão a 80 °C por 10 minutos, seguidas da adição de sacarose (5% p/v) e inóculo (10% v/v).

Os frascos de vidro utilizados para o processo fermentativo foram esterilizados previamente. A fermentação ocorreu em uma incubadora BOD (SOLAB SL-200/90) a 20 °C por nove dias. Após o término da fermentação, as kombuchas foram filtradas e saborizadas por meio de misturas, com base em testes preliminares. Para todos os três tratamentos, 10% (v/v) de polpa de maracujá do mato (pH 4,0 e 14 °Brix), foram adicionados e as amostras foram mantidas sob refrigeração a 4 °C por sete dias.

Figura 2 - Representação esquemática do processo de elaboração das kombuchas



Fonte: Os autores (2023).

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas foram realizadas nas etapas de pré-fermentação, pós-fermentação e pós-saborização. O pH foi avaliado utilizando um potenciômetro (AKSO AK90), o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) por meio de um refratômetro analógico (AKSO RHB32). A acidez total (g de ácido acético/L) foi determinada conforme a metodologia pela AOAC (2005). O teor alcoólico da amostra de kombucha saborizada foi realizado por meio de destilador eletrônico enoquímico (Gibertini®).

COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE IN VITRO

Determinou-se o teor de compostos fenólicos totais (CFT) e a atividade antioxidante *in vitro* das etapas de pré-fermentação, pós-fermentação e pós-saborização. O teor de CFT foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu (Singleton; Rossi, 1965). A leitura da absorbância foi realizada a 765 nm em espectrofotômetro UV-VIS (modelo U-1800, Hitachi, Japão) e os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico (EAG) por mL de amostra. A capacidade antioxidante foi determinada pelos métodos de atividade de eliminação de radicais livres (ABTS⁺) (Re *et al.*, 1999), pelo método de capacidade sequestrante do radical estável 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (DPPH) (Brand-Williams; Cuvelier; Berset, 1995) e pelo potencial antioxidante redutor férrico (FRAP) (Benzie; Strain, 1996). Os resultados dos ensaios de atividade antioxidante foram expressos em μM equivalente de Trolox (TEAC)/mL de amostra.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

O processo fermentativo das kombuchas foi conduzido em triplicata. Todas as análises foram realizadas em triplicata (n=3) e os resultados expressos como média \pm desvio padrão. A análise de variância (ANOVA) fatorial, o teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e a análise de correlação de Pearson foram realizadas utilizando o software OriginPro® versão 2022.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS AMOSTRAS DE KOMBUCHAS

As características físico-químicas das kombuchas elaboradas com chá-verde e erva-mate foram influenciadas pela adição da polpa de maracujá do mato e pelo processo de fermentação, conforme apresentado na Tabela 1. Os resultados obtidos demonstram uma redução ($p < 0,05$) no valor de pH das amostras após o processo de fermentação. Esse declínio no pH é acompanhado por um aumento significativo ($p < 0,05$) nos teores de acidez das amostras. Essa mudança ocorre devido à produção de ácidos orgânicos pelo consórcio microbiano durante a fermentação. Esta produção contribui diretamente para a redução do pH e, simultaneamente, o aumento na acidez do produto (Miranda *et al.*, 2023). Além disso, a inclusão da polpa de maracujá do mato resultou em aumento ($p < 0,05$) nos valores de pH das bebidas. Essa alteração está intimamente relacionada às composições químicas distintas entre as frutas e a base do chá (Júnior *et al.*, 2021). De acordo com Ariff *et al.* (2023), o pH ideal para a kombucha varia entre 2,5 e 4,2. Vale destacar que valores de pH abaixo de 2,5 são considerados inadequados para a segurança do consumo da kombucha.

Tabela 1 – pH, teor de sólidos solúveis totais (SST) e acidez total das amostras de kombuchas nas etapas de pré-fermentação, pós-fermentação e pós-saborização

Tratamentos	Etapas	pH	SST*	Acidez**	Teor alcoólico (%)
T1	Pré-fermentação	4,20 ± 0,00 ^{aA}	5,30 ± 0,00 ^{aB}	0,54 ± 0,00 ^{aC}	-
	Pós-fermentação	3,33 ± 0,12 ^{aC}	4,83 ± 0,06 ^{aC}	1,56 ± 0,00 ^{eB}	-
	Pós-saborização	4,00 ± 0,00 ^{aB}	5,90 ± 0,00 ^{aA}	2,24 ± 0,00 ^{bA}	2,8 ± 0,00 ^b
T2	Pré-fermentação	4,10 ± 0,00 ^{aA}	5,30 ± 0,00 ^{aB}	0,54 ± 0,00 ^{aC}	-
	Pós-fermentação	3,00 ± 0,00 ^{bC}	4,80 ± 0,00 ^{aC}	2,28 ± 0,00 ^{bB}	-
	Pós-saborização	3,80 ± 0,00 ^{bB}	5,90 ± 0,00 ^{aA}	2,72 ± 0,00 ^{aA}	2,5 ± 0,00 ^c
T3	Pré-fermentação	4,10 ± 0,00 ^{aA}	5,30 ± 0,00 ^{aB}	0,56 ± 0,00 ^{aC}	-
	Pós-fermentação	2,97 ± 0,06 ^{bC}	4,80 ± 0,00 ^{aC}	2,88 ± 0,00 ^{aA}	-
	Pós-saborização	3,80 ± 0,00 ^{bB}	5,70 ± 0,00 ^{bA}	2,76 ± 0,00 ^{aB}	3,0 ± 0,00 ^a

^{a,b,c} Diferentes letras minúsculas na mesma coluna indicam diferenças significativas entre os tratamentos para a mesma etapa do processo ($p < 0,05$). ^{A,B,C} Diferentes letras maiúsculas na mesma coluna indicam diferenças significativas entre as etapas do processo para o mesmo tratamento ($p < 0,05$). * ° Brix. ** g de ácido acético/L. Sendo: T1 (1% de chá-verde), T2 (0,75% de chá-verde e 0,25% de erva-mate), T3 (0,5% de chá-verde e 0,5% de erva-mate)

Fonte: Os autores (2023).

Observou-se que houve uma redução no teor de SST ($p < 0,05$) entre as etapas de pré-fermentação e pós-fermentação. Esse comportamento já era esperado, uma vez que, o açúcar adicionado às bebidas foi aproveitado pela cultura da kombucha durante a fermentação (Silva *et al.*, 2021). No

entanto, a adição da polpa de maracujá do mato resultou no aumento ($p < 0,05$) do teor de SST para todos os tratamentos, devido as características físico-químicas da polpa, que apresentava um teor de SST de 14 °Brix.

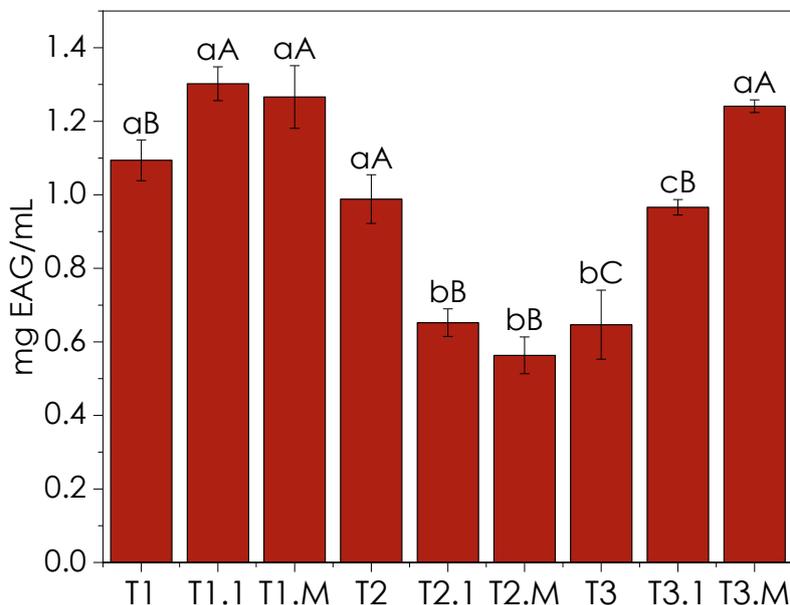
A análise do teor alcoólico foi conduzida exclusivamente nas amostras finais, ou seja, nas amostras que passaram pelo processo de saborização. Nesse contexto, ficou evidente que os diferentes tratamentos exerceram uma influência significativa ($p < 0,05$) nos níveis de teor alcoólico. Notavelmente, a amostra T3 exibiu o teor alcoólico mais elevado (3,0%), seguida das amostras T1 (2,8%) e T2 (2,5%). Resultados semelhantes foram identificados em um estudo conduzido por Dartora *et al.* (2023), no qual a kombucha elaborada com erva-mate demonstrou teor alcoólico superior em relação às kombuchas elaboradas exclusivamente com chá verde ou chá preto. Esses resultados podem sugerir que existe uma associação entre o tipo de chá utilizado e o teor alcoólico resultante na bebida fermentada.

A Figura 3 demonstra o teor de CFT nas diferentes etapas do processamento das kombuchas. Os resultados revelaram que as amostras T1.1 ($1,30 \pm 0,06$ mg EAG/mL), T1.M ($1,26 \pm 0,09$ mg EAG/mL) e T3.M ($1,24 \pm 0,02$ mg EAG/mL) destacaram-se por exibirem os teores mais elevados de CFT ($p < 0,05$). O processo fermentativo beneficiou o teor de CFT dos tratamentos T1 e T3, com um aumento médio de 19,26 % e 49,23 %, respectivamente. Esse comportamento já foi observado em outros estudos, uma vez que o processo de fermentação leva à liberação de compostos fenólicos (Gamboa-Gómez *et al.*, 2016; Zubaidah *et al.*, 2018). Isso acontece devido à presença de polifenóis de grande estrutura molecular no chá-verde, que são conseqüentemente quebrados em monômeros de polifenóis menores por enzimas produzidas durante o processo de fermentação (Shahidi *et al.*, 2016). Ademais, as folhas de chá possuem em suas paredes celulares uma abundante quantidade de fenóis insolúveis, liberados por meio do processo fermentativo, uma vez que o metabolismo microbiano resulta em uma grande produção de ácidos, álcoois e ésteres (Wang *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2020).

Em contrapartida, esse comportamento não foi observado nas amostras referentes ao tratamento T2 (0,75% de chá-verde e 0,25% de erva-mate). Resultado semelhante foi observado no estudo desenvolvido por Zhao *et al.* (2018), no qual o processo de fermentação não contribuiu para um aumento no teor de compostos fenólicos. De acordo com Ariff *et al.* (2023), esse comportamento pode ocorrer devido à oxidação dos polifenóis do chá na presença de radicais livres de oxigênio liberados por microrganismos.

A adição da polpa do maracujá do mato resultou em um impacto positivo ($p < 0,05$) no teor de CFT, especificamente no tratamento T3. Nesse caso, a amostra saborizada exibiu um teor de CFT de $1,24 \pm 0,02$ mg EAG/mL, denotando um aumento de 20,28% em comparação à amostra pós-fermentação (T3.1). Esta descoberta destaca a valiosa contribuição da polpa de maracujá do mato na melhoria dos aspectos bioativos da kombucha, especialmente nas condições do tratamento T3. Vale ressaltar, entretanto, que nos demais tratamentos a adição da polpa não demonstrou um efeito significativo ($p > 0,05$) nos teores de CFT. Essa observação realça a especificidade do tratamento T3 e a singularidade da interação entre a polpa de maracujá do mato e a matriz da kombucha.

Figura 3 - Teor de compostos fenólicos totais das amostras de kombuchas nas etapas de pré-fermentação (T1, T2 e T3), pós-fermentação (T1.1, T2.1 e T3.1) e pós-saborização (T1.M, T2.M e T3.M).



^{a,b,c} Diferentes letras minúsculas na mesma coluna indicam diferenças significativas entre os tratamentos para a mesma etapa do processo ($p < 0,05$). ^{A,B,C} Diferentes letras maiúsculas na mesma coluna indicam diferenças significativas entre as etapas do processo para o mesmo tratamento ($p < 0,05$). Sendo: T1 (1% de chá-verde), T2 (0,75% de chá-verde e 0,25% de erva-mate), T3 (0,5% de chá-verde e 0,5% de erva-mate)

Fonte: Os autores (2023).

Foi constatado que a substituição parcial do chá-verde por erva-mate em 50% apresenta potencial em relação ao teor de CFT. Isso ocorre porque a erva-mate é uma fonte rica em compostos bioativos que podem contribuir de forma sinérgica ou complementar para os benefícios à saúde associados ao seu consumo (Gómez-Juaristi *et al.*, 2018). Sendo que outros autores relatam o aumento de teor de compostos bioativos por meio da adição de erva-mate em bebidas alcoólicas (Cavanholi *et al.*, 2021).

As propriedades antioxidantes da kombucha estão relacionadas com as moléculas antioxidantes do chá e das demais matérias-primas adicionadas, que apresentam atividade de eliminação contra os radicais livres (Diez-Ozaeta; Astiazaran, 2022). Com isso, avaliou-se a atividade antioxidante das amostras de kombuchas (Tabela 2).

Tabela 2 – Atividade antioxidante *in vitro* das amostras de kombuchas nas etapas de pré-fermentação, pós-fermentação e pós-saborização

Tratamentos	Etapas	ABTS ⁺	DPPH	FRAP
T1	Pré-fermentação	18,98 ± 0,05 ^{aA}	13,75 ± 0,24 ^{aA}	4,73 ± 0,06 ^{aA}
	Pós-fermentação	18,99 ± 0,03 ^{aA}	14,32 ± 0,18 ^{aA}	4,17 ± 0,34 ^{bA}
	Pós-saborização	18,97 ± 0,02 ^{aA}	13,85 ± 0,08 ^{aA}	4,85 ± 0,08 ^{aA}
T2	Pré-fermentação	14,47 ± 0,37 ^{bA}	12,95 ± 0,04 ^{bA}	1,85 ± 0,43 ^{bC}
	Pós-fermentação	13,17 ± 1,05 ^{cA}	10,85 ± 0,21 ^{cB}	2,66 ± 0,14 ^{bB}
	Pós-saborização	10,13 ± 0,15 ^{cB}	8,56 ± 0,14 ^{cC}	3,24 ± 0,06 ^{bA}
T3	Pré-fermentação	13,77 ± 0,16 ^{cB}	10,03 ± 0,21 ^{cB}	4,46 ± 0,21 ^{aAB}
	Pós-fermentação	17,51 ± 0,07 ^{bA}	12,28 ± 0,40 ^{bA}	4,08 ± 0,03 ^{aB}
	Pós-saborização	17,04 ± 1,29 ^{bA}	10,05 ± 0,37 ^{bB}	4,87 ± 0,14 ^{aA}

^{a,b,c} Diferentes letras minúsculas na mesma coluna indicam diferenças significativas entre os tratamentos para a mesma etapa do processo ($p < 0,05$). ^{A,B,C} Diferentes letras maiúsculas na mesma coluna indicam diferenças significativas entre as etapas do processo para o mesmo tratamento ($p < 0,05$). Sendo: T1 (1% de chá-verde), T2 (0,75% de chá-verde e 0,25% de erva-mate), T3 (0,5% de chá-verde e 0,5% de erva-mate)

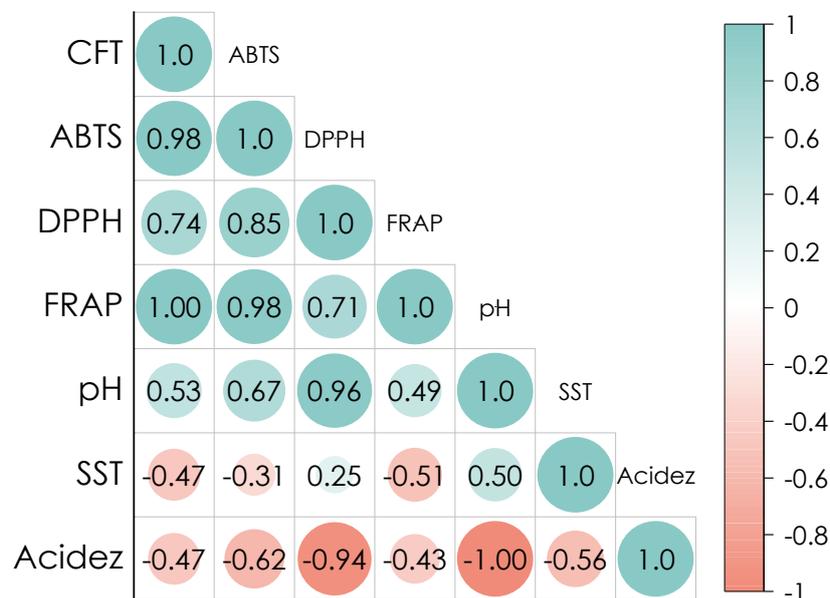
Fonte: Os autores (2023).

Independente do tratamento ou da etapa de produção, as maiores atividades antioxidantes foram observadas no método de eliminação do radical ABTS⁺. Essas variações nos teores de atividades antioxidantes ocorrem devido ao mecanismo de quantificação dos diferentes ensaios empregados, uma vez que cada método apresenta afinidade com diferentes compostos antioxidantes. No tratamento T1, observou-se que a atividade antioxidante se manteve constante durante os processos de fermentação e saborização em todos os ensaios. Em contrapartida, as amostras do tratamento T2 apresentaram as menores atividades antioxidantes, sendo que a fermentação e a saborização não influenciou positivamente ($p < 0,05$) a atividade antioxidante pelos métodos ABTS⁺ e DPPH.

Ademais, a fermentação resultou no aumento da atividade antioxidante pelos métodos ABTS⁺ e DPPH das amostras do tratamento T3. Este fenômeno se deve ao fato de que durante o processo fermentativo, os complexos de polifenóis podem ser decompostos por enzimas bacterianas e leveduras em compostos mais simples, elevando a atividade antioxidante da bebida (IVANIŠOVÁ *et al.*, 2020).

A atividade antioxidante das kombuchas saborizadas pode ser influenciada por uma diversidade de compostos, tais como, compostos fenólicos, flavonoides, ácidos orgânicos, vitaminas e carotenoides (Li *et al.*, 2023). Para compreender essas relações, realizou-se uma análise de correlação de Pearson que englobou os teores de CFT, as atividades antioxidantes (ABTS⁺, DPPH e FRAP) e os parâmetros físico-químicos (pH, SST e acidez) das amostras saborizadas (Figura 4).

Figura 4 - Correlação de Pearson (r) do teor de CFT, das capacidades antioxidante *in vitro* e dos parâmetros físico-químicos das amostras de kombuchas saborizadas



Fonte: Os autores (2023).

Os coeficientes de correlação ($r > 0,50$), revelaram uma associação positiva entre os CFT, a atividade antioxidante *in vitro* e o pH das kombuchas saborizadas com polpa de maracujá do mato. Essa observação está de acordo com estudos que sustentam que a capacidade antioxidante está intrinsecamente relacionada à presença e concentração de compostos fenólicos (Cardoso *et al.*, 2020; Villarreal-Soto *et al.*, 2020). Por outro lado, o teor de SST e a acidez apresentaram correlações negativas com o teor de CFT e a capacidade antioxidante, com exceção do DPPH que apresentou um coeficiente de 0,25 para o teor de SST. Esses resultados salientam a importância da escolha de matérias-primas regionais, como a polpa de maracujá do mato e, especialmente, a erva-mate, para aprimorar as propriedades antioxidantes da kombucha. A utilização de ingredientes locais não só enriquece a composição nutricional da bebida, mas também contribui para a promoção da agricultura local, preservação da biodiversidade e desenvolvimento sustentável da região. Em um contexto mais amplo, esse enfoque não apenas beneficia a qualidade do produto final, mas também fortalece os laços entre a produção de alimentos, a cultura regional e a saúde dos consumidores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo reforçam que matérias-primas regionais, como a erva-mate e a polpa de maracujá do mato, são elementos de grande potencial para a produção de kombuchas. Entre os tratamentos investigados, o destaque foi para os tratamentos T1 e T3 cujas amostras saborizadas com a polpa de maracujá do mato revelaram os maiores teores de CFT e capacidade antioxidante *in vitro*. A análise dos parâmetros físico-químicos das bebidas reforça o potencial delas como produtos de alta qualidade. A partir disto, surge a oportunidade para estudos futuros que possam se concentrar na avaliação da qualidade sensorial das kombuchas elaboradas e na sua aceitação pelos consumidores.

Além disso, é essencial continuar a explorar as interações complexas entre as matérias-primas, os processos de fermentação e os benefícios para a saúde, a fim de aprimorar ainda mais a compreensão dos potenciais efeitos positivos destas bebidas fermentadas. Esta abordagem não só possibilita a diversidade de sabores e incrementa os benefícios nutricionais da kombucha, mas também valoriza os recursos locais e fomenta uma abordagem mais sustentável à produção alimentar.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina pelo fomento e incentivo à pesquisa (Projeto de pesquisa aprovado pelo Edital n.32/2021/PROPLI), e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - n.140616/2021-7).

REFERÊNCIAS

- AMARASINGHE, H.; WEERAKKODY, N. S.; WAISUNDARA, V. Y. Evaluation of physicochemical properties and antioxidant activities of kombucha “Tea Fungus” during extended periods of fermentation. **Food Science & Nutrition**, v. 6, n. 3, p. 659–665, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.605>
- ARIFF, R. M. *et al.* Recent trends in Kombucha: Conventional and alternative fermentation in development of novel beverage. **Food Bioscience**, v. 53, p. 102714, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102714>.
- BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70–76, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- BIANCHINI, C. B. *et al.* Incorporation of uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) pulp in yogurt: A promising application in the lactose-free dairy product market. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 44, n. 10, e14829, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.14829>
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- CARDOSO, R. R. *et al.* Kombuchas from green and black teas have different phenolic profile, which impacts their antioxidant capacities, antibacterial and antiproliferative activities. **Food Research International**, v. 128, 108782, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108782>
- CAVANHOLI, M. G. *et al.* Influência da adição de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) em pó nas características físico-químicas e no potencial bioativo de hidroméis. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, e25010917821, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i9.17821>
- DARTORA, B. *et al.* Kombuchas from black tea, green tea, and yerba-mate decocts: Perceived sensory map, emotions, and physicochemical parameters. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v.33, p. 100789, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100789>.
- DIEZ-OZAETA, I.; ASTIAZARAN, O. J. Recent advances in Kombucha tea: Microbial consortium,

chemical parameters, health implications and biocellulose production. **International Journal of Food Microbiology**, v. 377, 109783, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109783>

FREITAS, A.; SOUSA, P.; WURLITZER, N. Alternative raw materials in kombucha production. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 30, 100594, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100594>

GAMBOA-GÓMEZ, C. I. *et al.* Antioxidant and Angiotensin-Converting Enzyme Inhibitory Activity of Eucalyptus camaldulensis and Litsea glaucescens Infusions Fermented with Kombucha Consortium. **Food Technology and Biotechnology**, v. 54, n. 3, p. 367-373, 2016. DOI: <https://doi.org/10.17113/ftb.54.03.16.4622>

GÓMEZ-JUARISTI, M. *et al.* Absorption and metabolism of yerba mate phenolic compounds in humans. **Food Chemistry**, v. 240, p. 1028–1038, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.003>

IVANIŠOVÁ, E. *et al.* The evaluation of chemical, antioxidant, antimicrobial and sensory properties of kombucha tea beverage. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 5, p. 1840–1846, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04217-3>

JÚNIOR, J. C. S *et al.* Traditional and flavored kombuchas with pitanga and umbu-cajá pulps: Chemical properties, antioxidants, and bioactive compounds. **Food Bioscience**, v. 44, 101380, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101380>

LEONARSKI, E. *et al.* Production process and characteristics of kombucha fermented from alternative raw materials. **Food Bioscience**, v. 49, 101841, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101841>

LI, K. *et al.* Recent advances in lignin antioxidant: Antioxidant mechanism, evaluation methods, influence factors and various applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 251, 125992, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125992>

LIU, Y. *et al.* Functional properties and sensory characteristics of kombucha analogs prepared with alternative materials. **Trends in Food Science & Technology**, v. 129, p. 608–616, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.11.001>

MIRANDA, J. F. DE *et al.* Arabic coffee infusion based kombucha: Characterization and biological activity during fermentation, and in vivo toxicity. **Food Chemistry**, v. 412, 135556, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135556>

PRESTES, A. A. *et al.* Influence of guabiroba pulp (*Campomanesia xanthocarpa* o. Berg) added to fermented milk on probiotic survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. **Food Research International**, v. 141, 110135, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110135>

RE, R. *et al.* Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9–10, p. 1231–1237, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)

REIS, L. C. R. *et al.* Stability of functional compounds and antioxidant activity of fresh and pasteurized orange passion fruit (*Passiflora caerulea*) during cold storage. **Food Research International**, v. 106, p. 481–486, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.019>

- SANTETTI, G. S. *et al.* The addition of yerba mate leaves on bread dough has influences on fermentation time and the availability of phenolic compounds? **LWT**, v. 146, 111442, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111442>
- SHAHBAZI, H. *et al.* Effect of medicinal plant type and concentration on physicochemical, antioxidant, antimicrobial, and sensorial properties of kombucha. **Food Science & Nutrition**, v. 6, n. 8, p. 2568–2577, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.873>
- SHAHIDI, F. *et al.* Insoluble-Bound Phenolics in Food. **Molecules**, v. 21, n. 9, p. 1216, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules21091216>
- SILVA, K. A. *et al.* Kombucha beverage from non-conventional edible plant infusion and green tea: Characterization, toxicity, antioxidant activities and antimicrobial properties. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 34, 102032, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102032>
- SANWAL, N. *et al.* Kombucha fermentation: Recent trends in process dynamics, functional bioactivities, toxicity management, and potential applications. **Food Chemistry Advances**, v. 3, 100421, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100421>
- SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.
- TAPIAS, Y. A. R. *et al.* Kombucha fermentation in yerba mate: Cellulose production, films formulation and its characterisation. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**, v. 5, 100310, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100310>
- VILLARREAL-SOTO, S. A. *et al.* Metabolome-microbiome signatures in the fermented beverage, Kombucha. **International Journal of Food Microbiology**, v. 333, 108778, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108778>
- WANDERLEY, B. R. DA S. M. *et al.* How native and exotic Brazilian fruits affect the profile of organic acids and the yeast performance during the mead fermentation process? **JSFA Reports**, v. 2, n. 4, p. 161–167, 2022a. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsf2.40>
- WANDERLEY, B. R. DA S. M. *et al.* Phenolic profiling, organic acids and sugars composition of feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) and uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) from the southern Brazilian highlands. **Ciência Rural**, v.52, n.12, e20210458, 2022b. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210458>
- WANG, S. *et al.* Effect of synthetic microbial community on nutraceutical and sensory qualities of kombucha. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 55, n. 10, p. 3327–3333, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14596>
- WANG, X. *et al.* Chemical Profile and Antioxidant Capacity of Kombucha Tea by the Pure Cultured Kombucha. **LWT**, v. 168, 113931, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113931>
- XIA, X. *et al.* Kombucha fermentation enhances the health-promoting properties of soymilk beverage. **Journal of Functional Foods**, v. 62, 103549, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103549>
- ZHANG, B. *et al.* A review on insoluble-bound phenolics in plant-based food matrix and their contribution to human health with future perspectives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 105, p. 347–362, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.029>

ZHAO, Z. *et al.* Flavour Chemical Dynamics During Fermentation of Kombucha Tea. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 30, n. 9, p. 732-41, 2018. DOI:10.9755/ejfa.2018.v30.i9.1794

ZUBAIDAH, E. *et al.* Potential of snake fruit (*Salacca zalacca* (Gaerth.) Voss) for the development of a beverage through fermentation with the Kombucha consortium. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 13, p. 198–203, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.12.012>